

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

?s an=9-264922  
S3 1 AN=9-264922  
?t s3/5/1

3/5/1

DIALOG(R) File 347:JAPIO  
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06142704 \*\*Image available\*\*  
ZOOM LENS AND PROJECTION DEVICE USING SAME

PUB. NO.: 11-084244 [JP 11084244 A]  
PUBLISHED: March 26, 1999 (19990326)  
INVENTOR(s): HORIUCHI AKINAGA  
APPLICANT(s): CANON INC  
APPL. NO.: 09-264922 [JP 97264922 ]  
FILED: September 11, 1997 (19970911)  
INTL CLASS: G02B-015/20; G02B-013/18

#### ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a whole lens system small in size, to excellently maintain a telecentric condition over a whole variable power range and to provide the excellent optical performance over a whole screen by properly using a diffraction optical element in a lens group.

SOLUTION: A zoom lens PL is provided with a first group L1 of a negative refractive power and a second group L2 of a positive refractive power and at least one lens group between the respective lens groups L1, L2 has at least one diffraction optical element being rotary symmetric to the optical axis. At the time of varying the power from the wide-angle end to the telescopic end, the first group L1 and the second group L2 are moved to the side of a first conjugate point (the side of a screen S). Focusing operation is performed by moving the first group L1 on the optical axis. For example, by arranging the diffraction optical element in the first group L1 and properly selecting the phase of the diffraction optical element, a magnified chromatic aberration generated in the first group L1, e.g. magnified chromatic aberration for two wavelengths of a (d) line and a (g) line is suppressed and the fluctuation of the magnified chromatic aberration as a whole due to zooming is suppressed.

COPYRIGHT: (C)1999, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-84244

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 15/20

13/18

13/18

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-264922

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月11日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 堀内 昭永

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

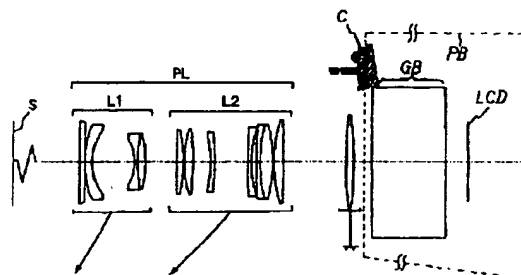
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ及びそれを用いた投影装置

(57) 【要約】

【課題】 液晶表示素子等で表示された画像情報をスクリーン面上に高い光学性能を維持しつつ、投影することができるズームレンズ及びそれを用いた投影光学系を得ること。

【解決手段】 距離の長い方の第1共役点側から距離の短い方の第2共役点にかけて順に負の屈折力の第1群と正の屈折力の第2群、そして第3群の少なくとも3つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍に際し、該第1群と第2群を第1共役点側へ、移動させており、前記各レンズ群のうち少なくとも1つのレンズ群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を少なくとも1つ有していること、



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 距離の長い方の第1共役点側から距離の短い方の第2共役点にかけて順に負の屈折力の第1群と正の屈折力の第2群、そして第3群の少なくとも3つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍に際し、該第1群と第2群を第1共役点側へ、移動させており、前記各レンズ群のうち少なくとも1つのレンズ群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を少なくとも1つ有していることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記第3群は弱い正の屈折力を有していることを特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項3】 前記第1群を光軸上移動させてフォーカスを行っていることを特徴とする請求項1又は2のズームレンズ。

【請求項4】 前記第1群の焦点距離を $f_1$ 、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 $f_W$ 、 $f_T$ としたとき

【数1】

$$0.6 < |f_1 / \sqrt{f_W \cdot f_T}| < 0.95$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項5】 前記第1、第2群の焦点距離を各々 $f_1$ 、 $f_2$ としたとき

$$1.01 < |f_2 / f_1| < 1.59$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項6】 前記第1群は少なくとも1枚の非球面レンズを有していることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項7】 前記第2群は少なくとも1枚の非球面レンズを有していることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項8】 前記第3群は1枚の単レンズ又は1組の貼り合わせレンズより成っていることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項9】 前記第2群の第1共役点側に絞りを有していることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項10】 前記ズームレンズは第2共役点側がテレセントリック系より成っていることを特徴とする請求項1から9のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項11】 前記回折光学素子は1層又は2層の回折格子より成っていることを特徴とする請求項1～10のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項12】 請求項1から11のいずれか1項記載のズームレンズを用いて投影像原画をスクリーン面上に投影していることを特徴とする投影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はズームレンズ及びそれを用いた投影装置に関し、レンズ系後方に色合成プリズムや色合成ミラー、そして偏光フィルター等の各種の光学部材を配置した、例えばカラー液晶表示素子に表示された投影像原画をスクリーン面上に拡大投影する投影装置に好適な、バックフォーカスが長くテレセントリック系の高い光学性能を有するものである。

【0002】

【従来の技術】従来よりフィルム画像や液晶ライトバルブ（液晶表示素子）等の投影像原画をスクリーン面上に拡大投影するようにした投影装置が種々と提案されている。

【0003】このような撮影装置に用いられる光学系には種々なタイプのものが用いられているが投影像原画としてカラー液晶を用いた投影光学系には、最終レンズ面から液晶表示素子までの空間（バックフォーカス）に反射ミラーやダイクロイックミラー等の光学部材を配置する為に長いバックフォーカスを有したものが要望されている。この為、カラー液晶用の投影光学系には負の屈折力のレンズ群が先行するレトロフォーカスタイプのものが多く用いられている。

【0004】例えば特開昭62-291613号公報や特開平3-145613号公報ではバックフォーカスの長いレトロフォーカスタイプのレンズ系が提案されている。

【0005】一方、多くのレンズ系においては、レンズ系中に非球面を設けることによって諸収差を良好に補正しつつ、レンズ系全体の小型化を図り、かつ高い光学性能を得ている。

【0006】又、諸収差のうち色収差については分散の異なる硝材を組み合わせて補正する方法の他に、レンズ面又は光学系の一部に回折作用を有する回折光学素子（回折型光学素子）を設けて補正した光学系が、例えば特開平4-213421号公報や、特開平6-324262号公報、そして米国特許第5,268,790号等で提案されている。このうち、米国特許第5,268,790号では変倍用の第2群又は変倍に伴う像面変動を補正する為の第3群に回折光学素子を用いたズームレンズを提案している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】カラー液晶プロジェクターにおける投影光学系では投影レンズと液晶素子との間に偏光ビームスプリッターや色分解プリズムを配置している。この為投影レンズには長いバックフォーカスが必要となってくる。

【0008】又、スクリーン面上での色ムラの発生を防止する為には色分解プリズムのダイクロイック面の入射角を投影像原画の任意の位置で一定にする必要がある。この為、投影レンズをテレセントリック系で構成することが必要となっている。

【0009】一般に長いバックフォーカスを有するにはレンズ系全体をスクリーン側に負の屈折力のレンズ群を、投影像原画側に正の屈折力のレンズ群を配置した、所謂レトロ型にする必要がある。

【0010】しかしながらレトロ型にするとレンズ系が非対称となってくる為に諸収差の発生が多くなり、良好なる光学性能を得るのが難しくなってくる。又レンズ枚数が増加し、レンズ系全体が複雑化及び大型化してくるという問題点が生じてくる。

【0011】又、投影レンズのテレセントリック性を良くしようとする、と、レンズ系全体が大型化してくるという問題が生じてくる。又、軸外光束の入射高が高くなり高次の収差が多く発生してくるという問題点が生じてくる。

【0012】先の特開昭62-291613号公報のレンズ系は歪曲収差が多く、又特開平3-145613号公報のレンズ系は非点収差が多かった。又、倍率色収差が大きい為に高精細なカラー液晶表示素子を投影原画とすると色ずれが目立つ傾向があった。

【0013】また、従来より光学系の諸収差の補正とレンズ枚数の減少のための方法として非球面を用いる方法が多くとられている。非球面を用いるとレンズ枚数の削減と球面では得られない収差補正効果が期待できる。

【0014】しかしながら、カラー液晶プロジェクター等の高画素対応のレンズ系においては諸収差の除去とともに、色収差の補正が重要となっている。この色収差は非球面では補正が難しい。

【0015】特にレンズ系として物体側の第1群が固定で変倍用の第2群と補正用の第3群で変倍を行うズームレンズにおいては可動群の物体側にある第1群は、色収差の発生を小さく抑えなければ、主変倍群である第2群等の移動によって色収差のズームに伴う変動が大きくなる傾向がある。

【0016】そのためにこのようなズームレンズでは、第1群を構成するレンズ群に、高分散の負レンズと低分散の正レンズをそれぞれ1枚又は2枚有するようにして色消しを行っている。更に前記負レンズと正レンズを貼り合わせた貼り合わせレンズより構成することもある。そのため第1群を構成するレンズ枚数が多くなる傾向があった。

【0017】先の特開平4-213421号公報や特開平6-324262号公報等では単レンズに回折光学素子を応用しており、色収差の補正に対する言及はあるが、ズームレンズ特有の色収差のズームによる変動の除去等の考察、記載はなく、ズームレンズへの応用は行われていない。

【0018】又、先の米国特許第5,268,790号では主変倍群である第2群もしくは補正群である第3群に回折光学素子を用いているが、第1群については従来通りのレンズ構成であり、このレンズ構成では第1群で

発生する色収差はそのままであり、ズームに伴い、その色収差は第2群等の変倍群の移動により増倍あるいは変動することになり効率的ではなかった。

【0019】本発明は、レンズ型としてネガティブリード型を採用し、各レンズ群を適切に構成することにより、特に回折光学素子をレンズ群中に適切に用いることにより、レンズ系全体の小型化を図りつつ、変倍範囲全体にわたりテレセントリック条件を良好に維持し、画面全体にわたり良好なる光学性能を有した液晶プロジェクター用に好適なズームレンズ及びそれを用いた投影装置の提供を目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、

(1-1) 距離の長い方の第1共役点側から距離の短い方の第2共役点にかけて順に負の屈折力の第1群と正の屈折力の第2群、そして第3群の少なくとも3つのレンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍に際し、該第1群と第2群を第1共役点側へ、移動させており、前記各レンズ群のうち少なくとも1つのレンズ群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を少なくとも1つ有していることを特徴としている。

【0021】本発明の投影装置は、

(2-1) 構成(1-1)のズームレンズを用いて投影像原画をスクリーン面上に投影していることを特徴としている。

【0022】

【発明の実施の形態】図1～図3は各々本発明の後述する数値実施例1～3のズームレンズを用いた投影装置(液晶ビデオプロジェクター)の要部概略図である。

【0023】図4～図6は本発明の後述する数値実施例1の広角端、中間、望遠端の収差図である。図7～図9は本発明の後述する数値実施例2の広角端、中間、望遠端の収差図である。図10～図12は本発明の後述する数値実施例3の広角端、中間、望遠端の収差図である。

【0024】図1～図3のレンズ断面図において、PLはズームレンズである。L1は負の屈折力の第1群、L2は正の屈折力の第2群、L3は正の屈折力の弱い第3群である。各レンズ群のうち少なくとも1つのレンズ群には光軸に対して回転対称な回折光学素子を少なくとも1つ設けている。

【0025】絞りは第2群の第1共役点側に設定している。Sはスクリーン面(投影面)、LCDは液晶パネル(液晶表示素子)等の原画像(被投影面)である。スクリーン面Sと原画像LCDとは共役関係にあり、一般にはスクリーン面Sは距離の長い方の共役点(第1共役点)に、原画像LCDは距離の短い方の共役点(第2共役点)に相当している。GBは色合成プリズムや偏光フィルター、そしてカラーフィルター等のガラスブロックである。

【0026】ズームレンズPLは接続部材Cを介して液

晶ビデオプロジェクター本体PBに着脱可能に装着されている。ガラスブロックGB以降の液晶表示素子LCD側はプロジェクター本体PBに含まれている。

【0027】本実施形態では広角端から望遠端への変倍に際して矢印のように第1群L1及び第2群L2を第1共役点側(スクリーンS側)へ移動させている。又、第1群を光軸上移動させてフォーカスを行っている。

【0028】本実施形態ではバックフォーカスを長くするために第1群の負のパワー(屈折力)を強くして、レトロフォーカス系にしている。このとき、第1群の負のパワーをむやみに強くすると、ベッツバール和が負の方向に大きくなり、像面が倒れてくる。また、ズームングのための第1群の移動により、非点収差や歪曲収差が大きく変動し、それらの変動収差を補正するのが困難になる。そのために、本実施形態では第2群から第3群までを正レンズ群で構成することにより、各レンズ群の分担を少なくし、ベッツバール和の低減を図っている。

【0029】本実施形態では各レンズ群のうち少なくとも1つのレンズ群に回折光学素子を少なくとも1つ設けて色収差を良好に補正している。

【0030】例えば第1群内に回折光学素子を配置して、適当に回折光学素子の位相を選択することにより第1群で発生する倍率色収差、例えばd線とg線といった2波長の倍率色収差は小さく抑え、全体としての倍率色収差のズームングによる変動を小さく抑えている。しかも望遠端に残存する軸上色収差(2次スペクトル)の量は悪化しないものとなっている。

【0031】従来のズームレンズでは第1群を構成するレンズは、高分散の負レンズと低分散の正レンズをそれぞれ1枚又は2枚有し、更に前記負レンズと正レンズを貼り合わせたり複数のレンズで分担して色消しを行っていた。これに対して本実施形態では前述の如く回折光学素子を用いることによって色収差の補正に使うレンズ枚数を減少させ、全体の構成レンズ枚数を削減している。

【0032】また、第2群内に回折光学素子を配置して、適当に回折光学素子の位相を選択することにより第2群で発生する倍率色収差、例えばd線とg線といった2波長の倍率色収差は小さく抑えて、全体としての倍率色収差のズームングによる変動を小さく抑えている。しかも望遠端に残存する軸上色収差(2次スペクトル)の量は悪化しないものとなっている。

【0033】従来のズームレンズでは、第2群を構成す

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda (C_1 \cdot h^2 + C_2 \cdot h^4 + \dots + C_{(i)} \cdot h^{2i})$$

$$\dots\dots (a)$$

の式で表されるものである。

【0041】本実施形態では以上のように各レンズ群を構成することにより、変倍範囲全体にわたりスクリーンS面上に投射される投影画像の画質を良好に維持している。

【0042】本発明では以上のように、ズームレンズP

るレンズも、低分散の負レンズと高分散の正レンズをそれぞれ1枚又は2枚有し、更に前記負レンズと正レンズを貼り合わせたり複数のレンズで分担して色消しを行っていた。これに対して本実施形態では前述の如く回折光学素子を用いることによって色収差の補正に使うレンズ枚数を減少させ、全体の構成レンズ枚数を削減している。

【0034】本実施形態ではこれにより、高度な色収差補正を達成するズームレンズにおいても、良好な性能を維持しつつ更なる小型化を達成している。

【0035】又、第3群に回折光学素子を配置することによって全変倍範囲にわたり色収差を良好に補正している。

【0036】本実施形態において回折光学素子を設ける面として、最も外側の面には、収差補正上やむを得ない等の特別な場合を除いて配置していない。これは回折光学素子はかなり狭い幅の溝(数ミクロンあるいはサブミクロンのオーダーの幅の溝)で構成されており、ゴミ等から該光学素子表面を保護するには最も外側に配置しない方が好ましいためである。

【0037】本実施形態では上述したように、第1群内または第2群内または第3群内に配置された回折光学素子により、各群で発生する倍率色収差を小さく抑えられ、第2群の移動による倍率色収差のズームングによる変動も小さく抑えている。

【0038】これらの回折光学素子は、光学面の上に施されるのであるが、そのベースは球面もしくは平面あるいは非球面でも良い。また、それらの光学面にプラスチック等の膜を上記回折光学面として添付する方法(いわゆるレプリカ非球面)で作成しても良い。

【0039】本実施形態における回折光学素子は、ホログラフィック光学素子(HOE)の製作手法であるリソグラフィック手法で2値的に製作している。回折光学素子はバイナリーオプティックス(BINARY OPTICS)で製作しても良い。この場合、更に回折効率を上げるためにキノフォームと呼ばれる鋸状の形状にしても良い。またこれらの方法で製作した方によって成型により製造しても良い。

【0040】また本実施形態における回折光学素子の形状は、基準波長(d線)を $\lambda$ 、光軸からの距離をh、位相を $\phi(h)$ としたとき

Lのレンズ構成を特定することにより、スクリーンS面上で良好な投影画像を得ているが、更に好ましくは次の諸条件のうち少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0043】(ア)上記(a)式において判ることは光軸からの距離hによって位相を調節できることが判る。レンズ径が大きければ大きいほど高次の係数の影響を大

きくできる。本発明で述べているテレセントリック型のズームレンズにおいて、効率的に係数を生かして、有効な収差補正を達成するには以下の条件を満たすのが好ま

$$1 \times 10^{-4} < |C2i / C1i| < 1 \quad \dots (1)$$

$$1 \times 10^{-7} < |C3i / C1i| < 1 \times 10^{-1} \quad \dots (2)$$

この条件式を外れると、収差補正が難しくなるだけでなく回折光学素子が作りにくくなり適当でない。

【0045】(イ)回折光学素子のパワーを強くすると中心と周辺の鋸状のピッチの差が大きくなり製作が難しくなり、また完成品の回折効率も良くない。

【0046】本発明のように、第1群または第2群または第3群に用いた回折光学素子で貼り合わせレンズの代わりに色収差の補正を行う場合、回折光学素子のパワー

$$0.05 < f_i / F_{boi} < 3.0 \quad \dots (3)$$

(ウ)歪曲収差は第1群において十分に押さえておくと共に、バックフォーカスを十分に確保することが必要である。それには、該ズームレンズの広角端及び望遠端に

$$0.6 < |f1| / \sqrt{fW \cdot fT} < 0.95 \quad \dots (4)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0050】これは歪曲収差とバックフォーカスをバランスよく補正するための条件である。条件式(4)の上限値を超えるとズームングのための移動量が大きくなり、レンズ全長が長大化し、かつバックフォーカスが短くなり好ましくない。逆に、下限値を超えるとズームングのための移動量は少なくなるものの、歪曲収差の補正が困難になると同時にベッツバル和が負に大きくなり像面が倒れてくるので好ましくない。

【0051】(エ)一般に回折光学面は、通常の屈折レンズにより発生する色収差と反対の色収差が発生する。例えば、従来貼り合わせレンズ面等により色消しを行っていた貼り合わせレンズを除去し、レンズ枚数削減をする場合は、その貼り合わせレンズ面で発生していた色収差分担と反対の色収差分担を有するような回折光学面を用いれば良い。そうすれば通常の屈折レンズにより発生する色収差と反対の色収差が回折光学面上で発生し、その方向は元々あった貼り合わせレンズ面での色収差発生方向と同じとなり、貼り合わせレンズ等の色消しが単レンズ上にて可能となる。

【0052】色収差係数といった観点から見ると、絞りより物体側の面では、軸上色収差係数 $L$ と倍率色収差係数 $T$ が同一符号の面に回折光学面を配置し、絞りより像面側の面では双方が逆符号の面に回折光学面を配置するのが好ましい。

【0053】(オ)本発明のズームレンズは、高変倍を目的の1つにしており、変倍に伴って発生する収差は、第1群及び第2群においてキャンセルすることが望ましい。それには、第1群の焦点距離を $f1$ 、第2群の焦点距離を $f2$ とおいたとき

$$1.01 < |f2 / f1| < 1.59 \quad \dots (5)$$

しい。

【0044】

は余り必要ではない。

【0047】ここで若干の軸外収差特に像面湾曲、ディストーション補正のためにパワーを持たせても良い。その場合の第 $i$ 群の回折光学素子面の焦点距離を $F_{boi}$ 、第 $i$ 群の焦点距離を $f_i$ とすると以下の条件を満たしていれば製作についても難しくなく、色収差を含めた収差補正にも良好である。

【0048】

おける全系の焦点距離を $fW$ 、 $fT$ とおいたとき

【0049】

【数2】

なる条件式を満足することである。

【0054】条件式(5)の上限値を超えるとベッツバル和が負の方向に大きくなり像面が大きくプラス側に倒れる傾向になり好ましくない。逆に、下限値を超えると高変倍のために第1群の移動量を大きく取る必要があり前玉径の大型化、全長の長大化をまねく。

【0055】(カ)第1群は少なくとも1つの負レンズと1組の貼り合わせレンズを有し、該第1群中の第1の負レンズの焦点距離を $f11N$ とおいたとき

$$1.71 < f11N / f1 < 2.76 \quad \dots (6)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0056】これにより第1群で発生する歪曲収差を良好に補正している。条件式(6)の上限値を超えるとテレ端の球面収差はアンダーになり(補正不足となり)、内向性のコマ収差が発生し好ましくない。逆に、下限値を超えると軸上色収差がオーバー(補正過剰)となるので良くない。

【0057】また、この負レンズに非球面を有することにより更に性能を上げることができる。また、ズームレンズが標準になりかつ高倍率が要求される中で、ズームングによる軸上色収差の変動が画質に影響するようになってきた。軸上色収差が大きく発生すると、ある色の液晶表示素子の画像がスクリーン上でピンボケ状態になり、画質の低下を招く。これを良好に補正するために該第1群中の後方に貼り合わせレンズを配置することにより良好に補正することを可能としている。

【0058】(キ)良好な収差補正、特に軸外のフレアや色収差を良好に補正するためには、第2群中に少なくとも1枚の非球面レンズと少なくとも1枚の光軸に対して回転対称な回折光学素子を有することである。先にも述べたように、液晶表示素子の高精細化にともない、

従来あまり問題にならなかった解像力が問題となりこれに大きく起因する収差を良好に補正する必要がでてきた。

【0059】そこで該第2群中に非球面を配置することにより軸外のフレアーを良好に補正するようにしている。また、該第2群の後方レンズ群は比較的軸外光線が光軸より離れたところを通過するため、回折光学素子を配置することにより、倍率色収差を良好に補正して更に光学性能を向上させている。

【0060】(ク)良好な収差補正、特に色収差を良好に補正するためには、第3群中に少なくとも1つの光軸に対して回転対称な回折光学素子を有することである。先にも述べたように、液晶表示素子の高精細化にともない、従来あまり問題にならなかった色収差、特に倍率色収差を良好に補正することが可能となる。

【0061】(ケ)良好なテレセントリックな光学系を達成するには、以下の条件を満足することが好ましい。

【0062】

【数3】

$$2.2 < f3 / \sqrt{fW \cdot fT} < 3.7 \quad \dots\dots (7)$$

ここでf3は第3群の焦点距離である。

【0063】条件式(7)はバックフォーカスの長さとテレセントリックな条件をバランスよく最適化するもので、上限値を超えるとバックフォーカスが必要以上に長くなりレンズ全長の長大化をまねきかつテレセントリックな条件が崩れる。又、下限値を超えると本発明の目的である充分に長いバックフォーカスを確保することが困難となる。

【0064】(コ)本実施形態に用いる非球面は、レンズの周辺部にいくにしたがって正の屈折力が弱くなる形状となることが望ましい。

【0065】尚、本発明に係る液晶ビデオプロジェクター(投影装置)は、少なくとも上記テレセントリックなズームレンズと、色合成素子と、該色合成素子によって分割された各色対応の液晶表示素子と、液晶駆動回路と信号処理回路と、色分解ミラーと光源とフライアイレンズ等を有している。

【0066】図13は、本発明のテレセントリック系より成るズームレンズとそれを用いた液晶プロジェクター(投影装置)の構成を機能的に表現したもので、該液晶プロジェクター本体を上面から見た概略図である。同図において、51は本発明のズームレンズ(投射レンズ)、52は該ズームレンズを本体に接続するレンズホルダー、53は液晶プロジェクター本体の外装部、54は種々の前記光学部品が入っている光学エンジンボックス、55はランプリフレクター、56は色合成プリズムやカラーフィルターのガラスブロック、57～59はR、G、B各色に対応した画像を表示する液晶表示素子、60～62は該液晶表示素子に入射する光を成形す

るためのコンデンサーレンズ、63、65、68はダイクロイックミラー(色分解ミラー)または全反射ミラー、64、66はコンデンサーレンズ、67、69はダイクロイックミラー、70、72は画面上の光量を略均一にするフライアイレンズや光源からの光を有効に使い画面上の光量を増やすために光の偏光方向をそろえる働きをする偏光変換素子、71は全反射ミラー、73は光源である。

【0067】同図において光源73から出た白色光はリフレクター55で前方に反射され、フライアイレンズ72や全反射ミラー71、偏光変換素子70を通過して略均一な光になり第1のダイクロイックミラー69に入射する。該第1のダイクロイックミラー69で例えば2つの色(R)と(G、B)に分解され、一方の光(R)は透過して第3のダイクロイックミラーまたは全反射ミラー68に反射されてコンデンサーレンズ60に入射する。

【0068】もう一方の光(G、B)は第1のダイクロイックミラー69で反射されて第2のダイクロイックミラー67に入射する。該ダイクロイックミラー67でさらに2つの色GとBに分解され、一方の光Gは反射されてコンデンサーレンズ61に入射する。

【0069】もう一方の光Bは透過して第1のコンデンサーレンズ66を透過し、さらに第4のダイクロイックミラーまたは全反射ミラー65で反射され、第2のコンデンサーレンズ64を透過して、第5のダイクロイックミラーまたは全反射ミラー63で反射されコンデンサーレンズ62に入射する。

【0070】前記各コンデンサーレンズ60～62に入射した光は、各色に対応した液晶表示素子57～59を照射し、画像情報を有した光となって該液晶表示素子57～59から射出する。それら3つの光は、色合成プリズム56によって1つの光に合成され、ズームレンズ51によってスクリーン上に投影される。

【0071】また、場合によっては前記液晶表示素子とコンデンサーレンズの間に、偏光フィルターが配置されることがある。

【0072】図14は該液晶プロジェクターを側面から見た図である。図において、81は該ズームレンズの光軸、82は該液晶表示素子の画面中心を垂直に通る軸である。同図において、81と82が一致せずずれていることがわかる。これは、前記液晶表示素子に表示された画像を前記ズームレンズで不図示のスクリーンに投射する際に、該画像を該液晶プロジェクター本体より上側に投射するためである。これにより、スクリーンに対して該液晶プロジェクターより後方で該スクリーン上の画像を観察するとき、該液晶プロジェクター本体が該スクリーン上に投影された画像と重なる部分が少なくなり、観察しやすい画像を提供することが可能になる。

【0073】更に観察しやすい画像を得るには、前記ズ



ームレンズの光軸81と前記液晶表示素子の中心と垂直な軸82のずれ量を $\Delta Y$ とすると、

$$0.14 < \Delta Y / f W < 0.24 \cdots \cdots (8)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0074】上限値を超えてずれ量を大きくすると、投射された画像の位置が液晶プロジェクター本体より高くなり画像が見やすくなるものの、該画像の最も高い位置の画像の光量が極端に少なくなり暗い画像となってしまう好ましくない。逆に、下限値を超えてずれ量を小さくすると、投射された画像が液晶プロジェクター本体に邪魔されて観察しにくくなってしまふ。

【0075】本実施形態で用いている回折光学素子の構成としては図15に示す1層のキノフォーム形状の1層構成のものや、図18に示すような格子厚の異なる（又は同一の）2つの層を積層した2層構成のもの等が適用可能である。

【0076】図16は図15に示す回折光学素子101の1次回折光の回折効率の波長依存特性である。実際の回折光学素子101の構成は、基材102の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、樹脂部に波長530nmで1次回折光の回折率が100%となるような格子厚dの回折格子103を形成している。

【0077】図16で明らかなように設計次数の回折効率は最適化した波長530nmから離れるに従って低下し、一方設計次数近傍の次数の0次回折光と2次回折光の回折効率が増大している。その設計次数以外の回折光の増加はフレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。

【0078】図17に図15の格子形状で数値実施例1を作成した場合の空間周波数に対するMTF特性を示す。その図で低周波数領域のMTFがやや低下している。

【0079】図18に示す2つの回折格子104、105を積層した積層型の回折光学素子の1次回折光の回折効率の波長依存特性を図19に示す。

【0080】図18では基材102上に紫外線硬化樹脂（ $n_d=1.499$ 、 $\nu_d=54$ ）からなる第1の回折格子104を形成し、その上に別の紫外線硬化樹脂（ $n_d=1.598$ 、 $\nu_d=28$ ）からなる第2の回折格子105を形成している。この材質の組み合わせでは、第1の回折格子104の格子厚d1は $d_1=13.8\mu\text{m}$ 、第2の回折格子105の格子厚d2は $d_2=10$ 。

5 $\mu\text{m}$ としている。

【0081】図19から分かるように積層構造の回折光学素子にすることで、設計次数の回折効率は、使用波長全域で95%以上の高い回折効率を有している。

【0082】図20に図18の格子形状で数値実施例1を作成した場合の空間周波数に対するMTF特性を示す。積層構造の回折光学素子を用いると、低周波数のMTFは改善され、所望のMTF特性が得られる。このように、本発明に係る回折光学素子として積層構造を用いれば、光学性能を更に改善することができる。

【0083】なお、前述の積層構造の回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材等も使用できるし、基材によっては第1の回折格子104を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、材料の組み合わせによっては図21に示すように2つの回折格子104と105の格子厚を等しくしても良い。

【0084】この場合は、回折光学素子の表面に格子形状が形成されないで、防塵性に優れ、回折光学素子の組立作業性を向上させることができる。

【0085】以下に本発明のズームレンズの数値実施例を記載する。数値実施例において $r_i$ は物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径、 $d_i$ は物体側より順に第i番目のレンズ厚及び空気間隔、 $n_i$ と $\nu_i$ は各々物体側より順に第i番目のレンズのガラスの屈折率とアッベ数である。また、数値実施例1～3における最終の2つのレンズ面は色分解プリズム、偏光フィルター、カラーフィルター等のガラスブロックを示す。

【0086】図中、GBは色合成プリズム、偏光フィルター、カラーフィルター等のガラスブロックであり、Cはズームレンズ部と液晶ビデオプロジェクター本体部との接合部である。図中B、G、Rは470nm、550nm、620nm、 $\Delta M$ 、 $\Delta S$ はメリジオナル像面、サジタル像面、倍率色収差は470nmを指す。又、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【0087】非球面形状は、光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径、各非球面係数をK、B、C、D、E、Fとしたとき、

【0088】

【数4】

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10} + FH^{12}$$

なる式で表している。

【0089】また、例えば「e-Z」の表示は「10<sup>-Z</sup>」を意味する。

(表-1)

【外1】

条件式	数值实施例		
	1	2	3
(1)	0.30	0.0047	0.0018
(2)	4.99e-4	1.79e-5	2.75e-6
(3)	0.31	0.14	0.51
(4)	0.749	0.781	0.788
(5)	1.324	1.287	1.273
(6)	2.136	2.269	2.301
(7)	3.09	2.80	2.75
(8)	0.168	0.147	0.147

【0090】

## 数值实施例1

$$f=47.63\sim 76.42 \quad f_{no}=2.57\sim 3.60 \quad 2\omega=48.6^\circ \sim 31.5^\circ$$

r 1=	0.000	d 1=	2.50	n 1=	1.51633	v 1=	64.1
r 2=	0.000	d 2=	0.10	n 2=	1.49171	v 2=	57.4
r 3=	72.395	d 3=	3.70	n 3=	1.58144	v 3=	40.8
r 4=	28.232	d 4=	23.64	n 4=	1.80518	v 4=	25.4
r 5=	-23.044	d 5=	1.80	n 5=	1.85844	v 5=	50.9
r 6=	95.349	d 6=	4.20	n 6=	1.51633	v 6=	64.1
r 7=	-67.524	d 7=可変		n 7=	1.74077	v 7=	27.8
r 8=	-5819.134(絞り)	d 8=	3.70	n 8=	1.62588	v 8=	35.7
r 9=	-78.004	d 9=	0.20	n 9=	1.84566	v 9=	23.8
r 10=	52.215	d 10=	5.00	n 10=	1.51633	v 10=	64.1
r 11=	-180.886	d 11=	9.46	n 11=	1.65844	v 11=	50.9
r 12=	-68.004	d 12=	2.00	n 12=	1.63854	v 12=	55.4
r 13=	-191.981	d 13=	18.04	n 13=	1.51633	v 13=	64.1
r 14=	343.204	d 14=	2.00				
r 15=	54.449	d 15=	2.53				
r 16=	235.977	d 16=	2.00				
r 17=	70.224	d 17=	7.40				
r 18=	-70.224	d 18=	0.30				
r 19=	74.628	d 19=	5.10				
r 20=	-588.246	d 20=可変					
r 21=	238.154	d 21=	4.00				
r 22=	-238.154	d 22=	9.88				
r 23=	0.000	d 23=	40.00				
r 24=	0.000						

焦点距離 可変距離	47.63	63.13	76.42
d 7	16.84	6.58	1.07
d 20	34.00	61.78	85.80

## 非球面係数

$$B_3 \text{ K}=1.98722\text{e}+00 \quad B=3.57901\text{e}-05 \quad C=4.86508\text{e}-09 \quad D=-1.54183\text{e}-11 \quad E=3.68607\text{e}-14 \\ F=-1.98234\text{e}-17$$

## 位相係数

$$B_3 \text{ C1}=-9.63267\text{e}-07 \quad \text{C2}=-1.08111\text{e}-07 \quad \text{C3}=-1.81341\text{e}-10 \quad \text{C4}=-3.61044\text{e}-13 \\ \text{C5}=-9.41578\text{e}-16 \quad \text{C6}=-3.42317\text{e}-20$$

【0091】

【外2】

## 数値実施例2

$$f=47.70\sim 76.21 \quad fno=2.50\sim 3.65 \quad 2\omega=48.5^\circ \sim 31.5^\circ$$

r 1=	0.000	d 1=	2.50	n 1=	1.51633	v 1=	64.1
r 2=	0.000	d 2=	0.50				
r 3=	66.171	d 3=	3.70	n 2=	1.49171	v 2=	57.4
r 4=	28.805	d 4=	29.98				
r 5=	-24.089	d 5=	1.60	n 3=	1.58144	v 3=	40.8
r 6=	62.973	d 6=	0.09				
r 7=	66.586	d 7=	4.40	n 4=	1.80518	v 4=	25.4
r 8=	-79.065	d 8=	可変				
r 9=	-535.673(絞り)	d 9=	4.20	n 5=	1.60811	v 5=	60.6
r 10=	-101.120	d 10=	0.20				
r 11=	41.289	d 11=	6.20	n 6=	1.63854	v 6=	55.4
r 12=	-309.803	d 12=	18.24				
r 13=	-48.518	d 13=	1.90	n 7=	1.74077	v 7=	27.8
r 14=	48.518	d 14=	1.26				
r 15=	74.518	d 15=	5.40	n 8=	1.49171	v 8=	57.4
r 16=	-227.254	d 16=	4.78				
r 17=	105.081	d 17=	11.50	n 9=	1.51633	v 9=	64.1
r 18=	-39.577	d 18=	可変				
r 19=	174.282	d 19=	5.10	n 10=	1.51633	v 10=	64.1
r 20=	-174.282	d 20=	9.98				
r 21=	0.000	d 21=	40.00	n 11=	1.51633	v 11=	64.1
r 22=	0.000						

焦点距離 可変間隔	47.70	63.05	76.21
d 8	18.97	6.62	1.06
d 18	35.01	62.79	36.61

## 非球面係数

$$R3 \quad k=4.71665e+00 \quad B=2.51388e-06 \quad C=1.86111e-09 \quad D=-1.69750e-12 \quad E=2.77356e-15 \\ F=6.42333e-18$$

$$R16 \quad k=-3.96357e+01 \quad B=4.80456e-06 \quad C=4.13110e-09 \quad D=-3.75093e-12 \quad E=-1.66195e-15 \\ F=2.53167e-17$$

## 位相係数

$$R16 \quad C1=-4.00568e-05 \quad C2=1.88104e-07 \quad C3=-7.15433e-10 \quad C4=-4.44106e-13 \\ C5=-8.17967e-15 \quad C6=-4.11617e-18$$

## 数値実施例3

$$f=47.64\sim 76.24 \quad fno=2.50\sim 3.65 \quad 2\omega=48.6^\circ \sim 31.5^\circ$$

r 1=	0.000	d 1=	2.50	n 1=	1.51639	v 1=	64.1
r 2=	0.000	d 2=	0.50				
r 3=	62.810	d 3=	9.70	n 2=	1.49171	v 2=	57.4
r 4=	28.441	d 4=	23.28				
r 5=	-24.182	d 5=	1.80	n 3=	1.58144	v 3=	40.8
r 6=	63.150	d 6=	0.09				
r 7=	87.012	d 7=	4.40	n 4=	1.80518	v 4=	25.4
r 8=	-80.203	d 8=可変	4.20	n 5=	1.60311	v 5=	60.6
r 9=	-488.809(絞り)	d 9=	0.20				
r10=	-104.921	d10=	6.20	n 6=	1.63854	v 6=	55.4
r11=	41.696	d11=	18.85				
r12=	-278.818	d12=	1.30	n 7=	1.74077	v 7=	27.8
r13=	-47.304	d13=	1.36				
r14=	47.304	d14=	5.40	n 8=	1.49171	v 8=	57.4
r15=	74.540	d15=	4.48				
r16=	-217.058	d16=	11.30	n 9=	1.51633	v 9=	64.1
r17=	115.878	d17=可変	5.10				
r18=	-48.801	d18=	9.98	n10=	1.51633	v10=	64.1
r19=	176.112	d19=	40.00	n11=	1.51633	v11=	64.1
r20=	-175.112						
r21=	0.000						
r22=	0.000						

焦点距離 可変距離	47.64	63.04	76.24
d 8	17.01	8.63	1.08
d 18	37.43	65.21	89.03

## 非球面係数

$$R9 \quad k=-4.99966e+00 \quad B=-2.11176e-05 \quad C=-6.50188e-10 \quad D=-1.66201e-12 \quad E=2.61361e-15 \\ F=1.52358e-18$$

$$R16 \quad k=-6.86029e+01 \quad B=4.54754e-06 \quad C=4.28889e-09 \quad D=-2.24800e-12 \quad E=-8.31032e-15 \\ F=3.44238e-17$$

## 位相係数

$$R20 \quad C1=-7.63527e-05 \quad C2=1.22713e-07 \quad C3=-2.09924e-10 \quad C4=1.62491e-13 \\ C5=-2.46679e-17 \quad C6=-3.19980e-21$$

【0093】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、レンズ型としてネガティブリード型を採用し、各レンズ群を適切に構成することにより、特に回折光学素子をレンズ群中に適切に用いることにより、レンズ系全体の小型化を図りつつ、変倍範囲全体にわたりテレセントリック条件を良好に維持し、画面全体にわたり良好なる光学性能を有した液晶プロジェクター用に好適なズームレンズ及びそれを用いた投影装置を達成することができる。

【0094】この他本発明によれば前述の如く各要件を特定することにより、変倍比1.57以上でFナンバー2.6程度と大口径を確保しながらも非点収差及び歪曲収差が少なく、かつ、色合成用プリズム等の光学素子や各種フィルターの光学素子が入るバックフォーカス空間を充分に確保しつつ、倍率色収差が良好に補正され、全ズーム域・全物体距離にわたって良好な性能を有するテ

レセントリックなズームレンズを実現し、合わせて該ズームレンズに適した液晶ビデオプロジェクター（投影装置）を実現することができる。

## 【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図
- 【図2】本発明の数値実施例2のレンズ断面図
- 【図3】本発明の数値実施例3のレンズ断面図
- 【図4】本発明の数値実施例1の広角端の収差図
- 【図5】本発明の数値実施例1の中間の収差図
- 【図6】本発明の数値実施例1の望遠端の収差図
- 【図7】本発明の数値実施例2の広角端の収差図
- 【図8】本発明の数値実施例2の中間の収差図
- 【図9】本発明の数値実施例2の望遠端の収差図
- 【図10】本発明の数値実施例3の広角端の収差図
- 【図11】本発明の数値実施例3の中間の収差図
- 【図12】本発明の数値実施例3の望遠端の収差図

【図13】本発明のズームレンズを用いた液晶プロジェクターの要部上面図

【図14】本発明のズームレンズを用いた液晶プロジェクターの要部側面図

【図15】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図16】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図17】本発明に係る回折光学素子のMTF特性図

【図18】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図19】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

説明図

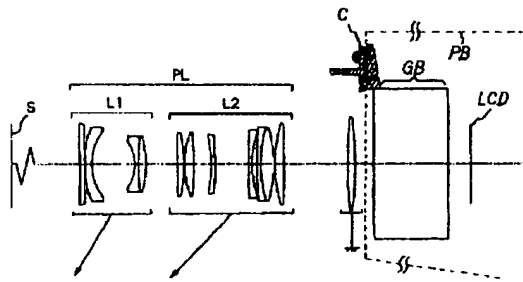
【図20】本発明に係る回折光学素子のMTF特性図

【図21】本発明に係る回折光学素子の説明図

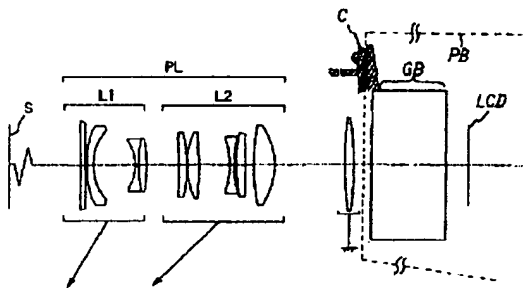
【符号の説明】

L1 第1群  
L2 第2群  
L3 第3群  
GB ガラスブロック  
LCD 画像表示素子  
S スクリーン

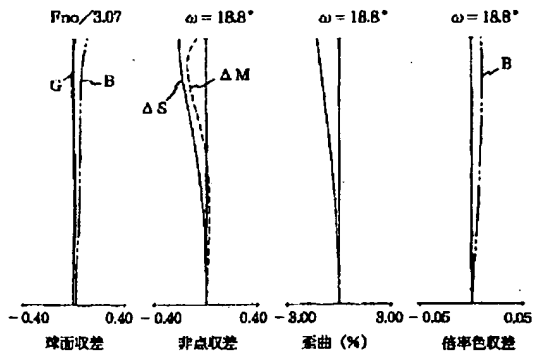
【図1】



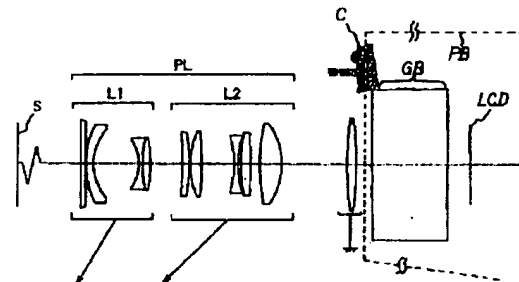
【図3】



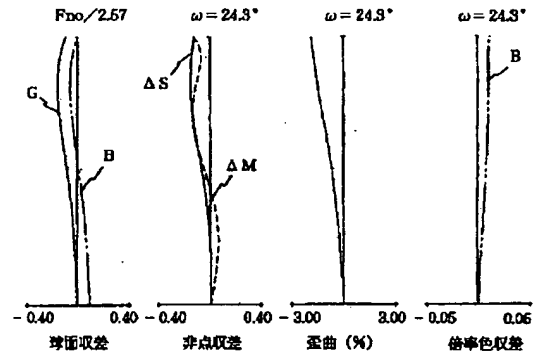
【図5】



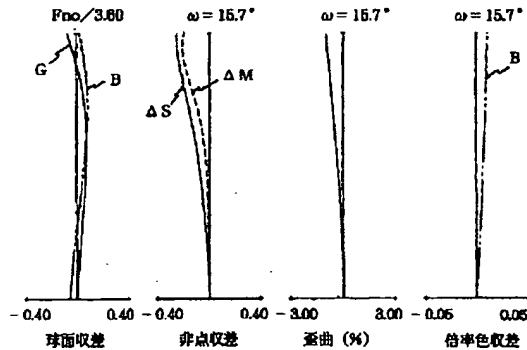
【図2】



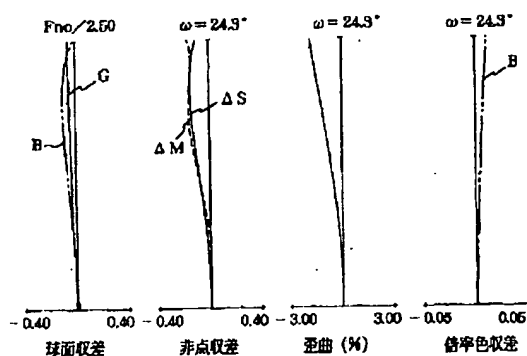
【図4】



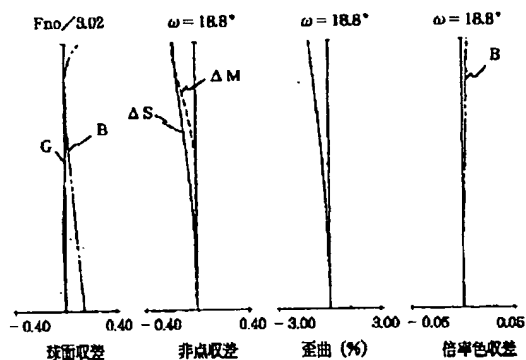
【図6】



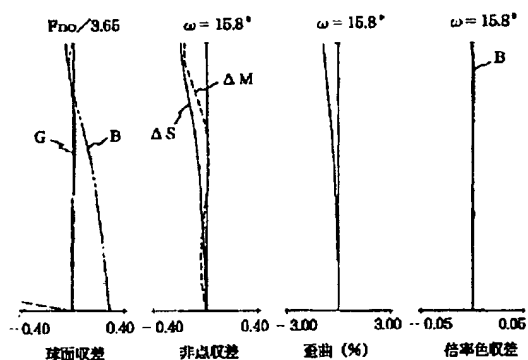
【図7】



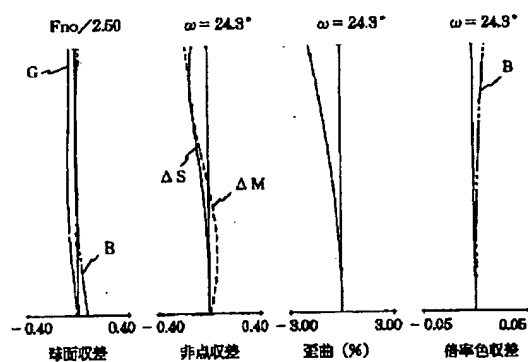
【図8】



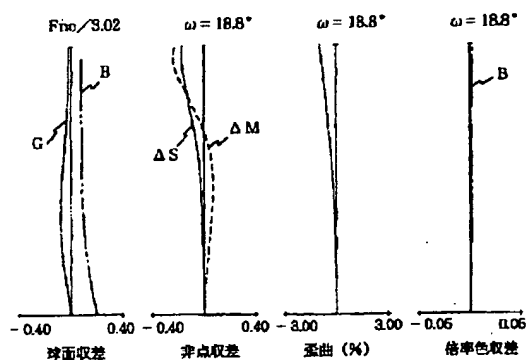
【図9】



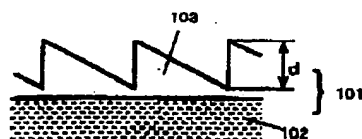
【図10】



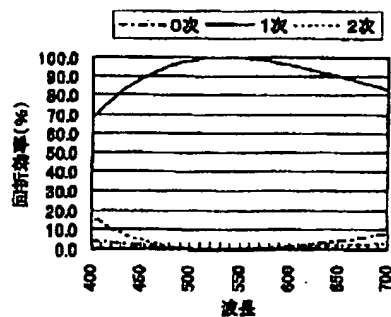
【図11】



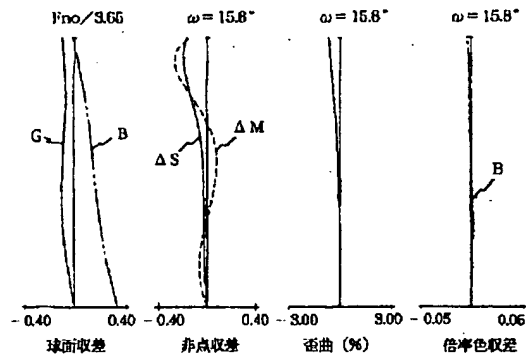
【図15】



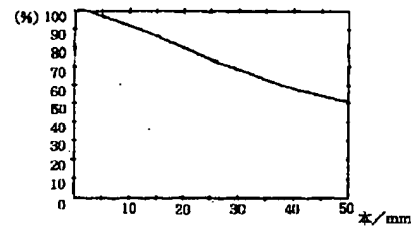
【図16】



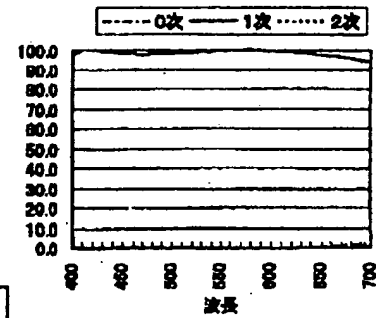
【図12】



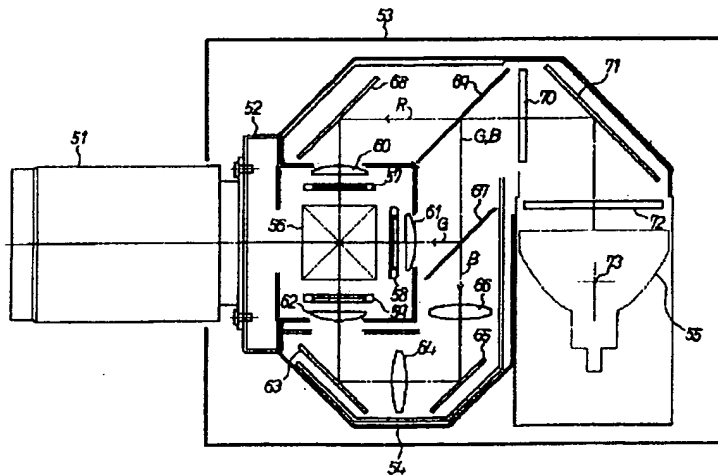
【図17】



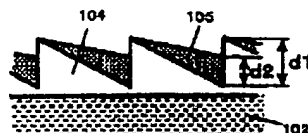
【図19】



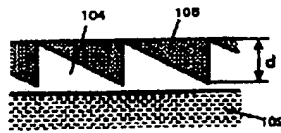
【図13】



【図18】



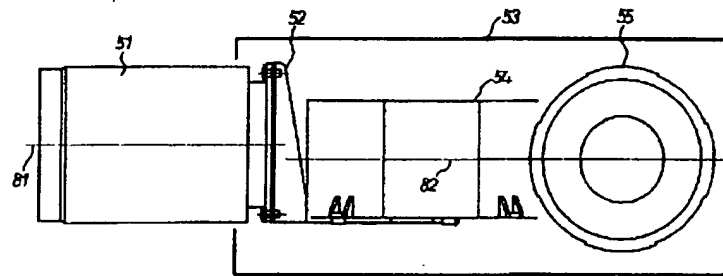
【図21】



(14)

特開平11-84244

【図14】



【図20】

